

放射性セシウムで汚染された原木シイタケの汚染経過について

大橋洋二・石川洋一・長嶋恵里子(栃木県林セ)・谷山奈緒美(県西環境森林事務所)

要旨: 放射性セシウムで汚染されたシイタケ子実体及びほだ木について、汚染された後1年目から2年目の放射性セシウムの汚染状況について調査を行った。2013年春季に発生した子実体は、前年の値と比較して、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ の全てにおいて、濃度が有意に減少していることが明らかになった。ほだ木については、 ^{134}Cs 及び $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ の濃度が減少していた。減少した値は、物理的半減期から算出した値よりも低い値になっていたことから、放射性壊変以外の理由でさらに濃度が低下していることが示唆されたものの、原因については不明であった。また、原木栽培のシイタケ子実体について、 $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ と ^{40}K の濃度の関係について検討を行った結果、弱い正の相関が認められた。

キーワード: ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、シイタケ、子実体

Abstract: Radiocesium contamination on fruiting body and bed-log of *Lentinula edodes* was investigated during 1 to 2 year after the nuclear disaster. The ^{134}Cs , ^{137}Cs and $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ concentrations in fruiting body harvested at 2013 spring have decreased. And the ^{134}Cs and $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ concentration in bed-log have decreased. The decrease value is much shorter than the physical half-life of ^{134}Cs and ^{137}Cs but the reason was not identified. We also investigate a relation between concentration of $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ and ^{40}K in fruiting body. As a result, a few positive correlation was found significantly.

keywords: ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{40}K , *Lentinula edodes*, fruiting body

I はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、東日本を中心として、多くの農産物が放射性セシウム汚染の被害を受けた。特に、原木栽培を中心としたきのこ栽培全体に非常に大きな被害を与えており、北関東地方で栽培が盛んな、原木シイタケの露地栽培では、甚大な被害を受けている。一方で、原子力災害等に伴い放出される放射性セシウムが、原木シイタケ栽培へ与える影響については、近年新たな知見が集まりつつあるものの(8, 10)、未だ不明な点も多く、安全な生産物を栽培するための対策を立てることが困難な状況にある。そこで、本研究では、放射性セシウムで汚染された後のシイタケ子実体及びほだ木について、事故後1年目から2年目の汚染経過について調査を行うと共に、子実体中の放射性セシウムと放射性カリウムの関係について調査を行った。

II 材料と方法

放射性物質の測定は、2012年春に採取した試料については、NaIシンチレーションスペクトロメーター(食品放射能測定システムCAN-OSP-NAI、日立アロカメディカル)を用いて測定を行い、2012年秋以降に採取した試料については、Ge半導体スペクトロメーター(食品・環境放射能測定装置SEG-EMS、セイコーイージーアンドジー)を用いて測定を行った。全ての検体について、 ^{134}Cs 、

^{137}Cs 、及び ^{40}K の濃度の測定を行った。測定用の試料は、含水率を調整せずに測定を行い、同一試料を用いて、水分計(加熱乾燥式水分計MX-50、エー・アンド・デイ)により含水率を測定した。放射性物質の濃度については、測定した含水率の結果を用い、ほだ木及び子実体共に絶対重量あたりの濃度に換算して比較検討を行った。

1. 子実体及びほだ木の放射性セシウムの汚染経過について 試験地は、栃木県宇都宮市下小池町にある栃木県林業センター場内とした。当該場所のヒノキ林ほだ場で栽培されている原木シイタケを対象として、各種の調査を行った。調査地の汚染状況は、文部科学省が作成した放射線量等分布マップから、地表面の放射性セシウム蓄積量が $10\text{kBq}/\text{m}^2$ 未満の場所であり(9)、2012年3月に調査を開始した時の周辺の γ 線空間線量率は $0.122\mu\text{Sv}/\text{h}$ であった。

子実体の放射性セシウムについては、植菌年と品種が異なる22種類のロット単位で、収穫のあった日ごとに測定を行った。子実体は、表面を湿ったキッチンペーパーで清掃し、石突きを除いた部分をフードプロセッサで粉碎し、測定用の試料とした。

ほだ木中の放射性セシウムについては、植菌年と品種が異なる5種類のロット毎に、5本ずつのほだ木を調査した。調査は2012年3月及び2013年9月の2回行った。

Yoji OHASHI, Yoichi ISHIKAWA, Eriko NAGASHIMA (Tochigi Pref. For. Res. Ctr, Utsunomiya Tochigi 321-2105) and Naomi TANIYAMA (Tochigi Pref. West Environ. For. Office, Nikko Tochigi 321-1263) Continuous investigation of radiocesium concentration in fruiting body and bed-log of *Lentinula edodes*.

ほだ木については、チェーンソーを用いて切断した時の鋸屑を集めて、測定用の試料とした。

2. 子実体中の放射性セシウムと放射性カリウム調査

2012年2月から2013年9月に、栃木県内で栽培された原木シイタケ子実体488検体について、調査を行った。そのうち、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K の全てを検出した310検体について、 $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ と ^{40}K の濃度の関係について検討を行った。

III 結果と考察

1. 子実体とほだ木の放射性セシウムの汚染経過について 同一ほだ場で発生した子実体について、2012年春季（3月から5月）、2012年秋季（9月から11月）及び2013年春季（3月から5月）に発生した子実体の放射性セシウム濃度の結果を図-1～3及び表-1に示す。 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ の全てにおいて、2013年春季に発生した子実体は、2012年に発生したものと比較して、濃度が有意に減少していることが明らかになった（図-1～3）。 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ の値とも、物理的半

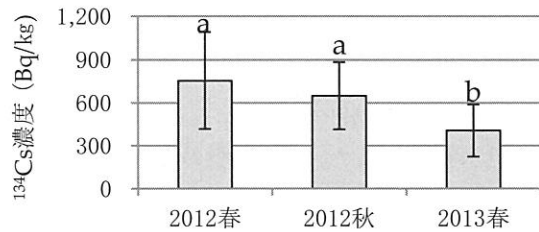


図-1. 収穫期毎の子実体中の ^{134}Cs 濃度
Fig. 1. Concentration of ^{134}Cs in fruiting body for different season.

Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey-Kramer). Error bars indicate standard deviation. Sample number is shown in Table 1.

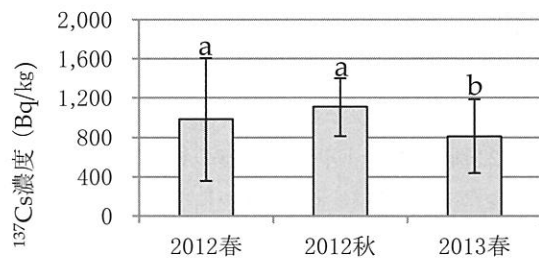


図-2. 収穫期毎の子実体中の ^{137}Cs 濃度
Fig. 2. Concentration of ^{137}Cs in fruiting body for different season.

Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey-Kramer). Error bars indicate standard deviation. Sample number is shown in Table 1.

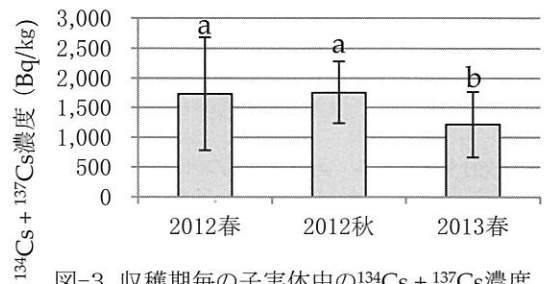


図-3. 収穫期毎の子実体中の $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ 濃度
Fig. 3. Concentration of $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ in fruiting body for different season.

Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey-Kramer). Error bars indicate standard deviation. Sample number is shown in Table 1.

表-1. 収穫期毎の子実体中の放射性セシウム濃度
Table 1. Concentration of radiocesium in fruiting body for different season.

Note : Upper value is measurement value. Lower value is calculated by physical half-life of $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$.

	2012 春	2012 秋	2013 春
検体数	78	36	119
^{134}Cs (Bq/kg)	753	649	406
^{137}Cs (Bq/kg)	982	1,110	811
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	1,735	1,760	1,220
	-	1,610	1,510

減期から算出した値よりも低い値になっていたことから（表-1）、放射性壊変以外の理由で濃度が低下していることが示唆される。

ほだ木中の放射性セシウム濃度の結果については、2012年3月及び2013年9月に測定した結果を図4～6及び表-2に示す。ほだ木の結果では、 ^{134}Cs 及び $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ において、2012年3月と比べて、2013年9月の濃度が有意に減少していることが明らかになった（図-4～6）。ほだ木においては、 ^{137}Cs で有意な差がみられていなかったが、値は減少する傾向がみられる。また、全ての値で、物理的半減期から算出した値よりも低い値が測定されたことから（表-2）、ほだ木についても放射性壊変以外の理由で、濃度が低下していることが考えられる。

Ban-naiらは、シイタケ子実体中の ^{137}Cs は、物理的半減期よりも早い期間で半減することを明らかにしている（11）。Rosenらは、4種の野生きのこを複数年間で測定した結果、 ^{137}Cs の濃度は、年々減少する傾向があること

を確認しており(5)、基質中の濃度分布が変わると、きのこの中の濃度が変わることなども報告されている(3)。本研究による結果は、Ban-naiらの結果(11)と同様の傾向を示しており、基質であるほだ木の濃度が低下したため、子実体中の濃度も低下したと考えられる。しかしながら、ほだ木中の放射性セシウム濃度が、物理的半減期以上の速度で減少する原因については不明であった。

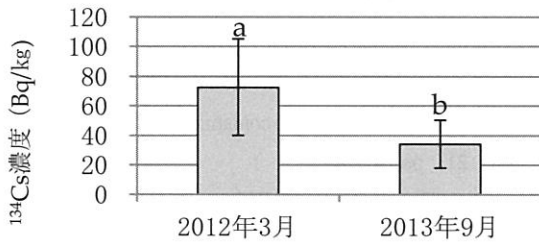


図-4. ほだ木中の¹³⁴Cs濃度
 Fig. 4 Concentration of ¹³⁴Cs in bed-log.
 Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey) .
 Error bars indicate standard deviation.
 Sample number is shown in Table 2.

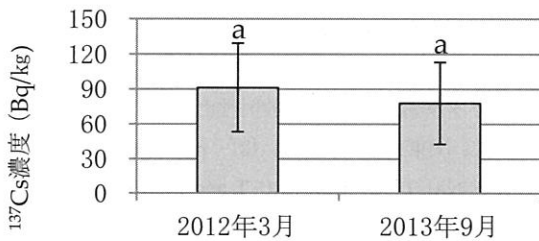


図-5. ほだ木中の¹³⁷Cs濃度
 Fig. 5 Concentration of ¹³⁷Cs in bed-log.
 Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey) .
 Error bars indicate standard deviation.
 Sample number is shown in Table 2.

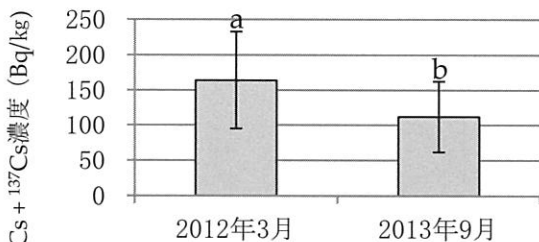


図-6. ほだ木中の¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs濃度
 Fig. 6 Concentration of ¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs in bed-log.
 Note : Same letter indicate no significant difference at 0.01 (Tukey) .
 Error bars indicate standard deviation.
 Sample number is shown in Table 2.

表-2. ほだ木中の放射性セシウム濃度

Table 2. Concentration of radiocesium in bed-log for two period.

Note : Upper value is measurement value.
 Lower value is calculated by physical half-life of ¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs.

	2012年3月	2013年9月
検体数	25	25
¹³⁴ Cs (Bq/kg)	72.6	34.2
	-	45.1
¹³⁷ Cs (Bq/kg)	91.2	77.9
	-	88.3
¹³⁴ Cs + ¹³⁷ Cs (Bq/kg)	164	112
	-	135

原木露地栽培では、子実体やほだ木に影響を与える要因が多く、今後は一つ一つの要因を個別に検証していく必要があると考えられた。

2. 子実体中の放射性セシウムと放射性カリウム調査
 子実体中の¹³⁴Cs + ¹³⁷Csと⁴⁰Kのヒストグラムを図-7に、散布図を図-8に示す。¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs及び⁴⁰Kとも、測定値は低濃度を中心にばらつく結果となった。相関係数は0.38となり、¹³⁴Cs + ¹³⁷Csと⁴⁰Kの間には弱い正の相関が認められた。きのこの子実体中におけるカリウム含有量は比較的多いとされているが(4)、子実体中の放射性セシウムと放射性カリウムとの間には、相関がないとする報告が多い(1, 6, 7)。本研究では弱いながらも正の相関が認められたことから、これまでの報告とは異なる結果となり、シイタケ子実体については、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs及び⁴⁰Kを蓄積しやすい個体と、蓄積しにくい個体があることが示唆される。今後は、蓄積特性の条件を明らかにする事が必要と考えられる。一方で、基質へのカリウムの添加が、子実体中の放射性セシウムの吸収抑制につ

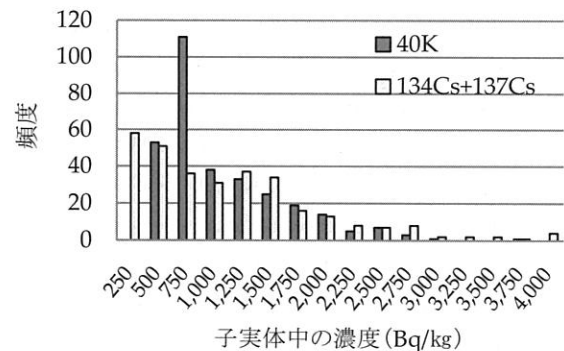


図-7. 子実体中の⁴⁰Kと¹³⁴Cs+¹³⁷Cs濃度のヒストグラム
 Fig.7 Histogram for ⁴⁰K and ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs concentrations in fruiting body.

ながるといふ報告もあり (2, 5), これらの技術を合わせることで, 子実体中の放射性セシウムを効果的に低減させることが出来るものと考えられる。

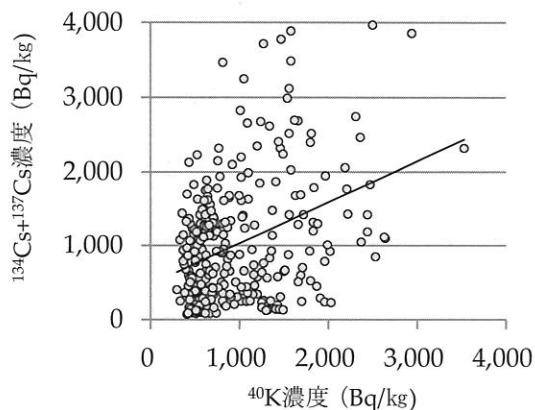


図-8. 子実体中の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度と ^{40}K 濃度の関係
Fig. 8 The relation between concentration of $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ and ^{40}K in fruiting body.

Note : Sample number is 310.

Correlation coefficient = 0.38 (Significant at 0.01 (Peason))

$$Y=0.5563 X + 474.26$$

IV おわりに

本研究により, 子実体及びびほだ木中の放射性セシウム濃度は, 時間の経過と共に, 物理的半減期以上の減少傾向を示すことが明らかになった。事故直後の汚染状況を調べる事が出来なかったが, 被災後1年以上経過した子実体については, 今後濃度が減少し続けることが考えられる。

一方で, 放射性セシウムの蓄積, 減少メカニズムについては分からないところが多く, 今後様々な方向から検討を進めていく必要があると考えられる。

V 引用文献

- (1) SUGIYAMA, H., SHIBATA, H., ISOMURA, K. and IWASHIMA, K. (1994) Concentration of radiocesium in mushrooms and substrates in the Sub-Alpine forest of Mt. Fuji Japan. *J. Food Hyg. Soc. Japan* : **35**, pp.13-21
- (2) TERADA, H., SHIBATA, H., KATO, F. and SUGIYAMA, H. (1998) Influence of alkali elements on the accumulation of radiocesium by mushrooms. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* : **235**, pp.195-200
- (3) IAEA (2010) Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical reports Series : **42**,

pp.1-194

- (4) 衣川堅二郎・小川眞 編 (2000) きのこハンドブック. 朝倉書店, 東京, pp.205-222
- (5) ROSEN, K., VINICHUK, M., NIKOLOVA, I. and JOHANSON, K. (2011) Long-term effects of single potassium fertilization on ^{137}Cs levels in plants and fungi in a boreal forest ecosystem. *J. Environ. Radioact.* : **102**, pp.178-184
- (6) SHIMIZU, M. and ANZAI, I. (2001) Concentration of ^{137}Cs in dried *Lentinula edodes* (Shiitake) as an indicator of environmental contamination. *J. Oral Sci.* : **43** (2), pp.145-149
- (7) 三宅定明・日笠司・浦辺研一・原口雅人・大村外志隆 (2008) 栽培キノコ及び培地中における放射性セシウム濃度. *Radioisotopes* : **57**, pp.753-757
- (8) 幸由利香, 岩澤勝巳 (2013) 原木シイタケの放射性セシウム濃度と生産環境等との関係. *関東森林研究* : **64** (2), pp.91-92
- (9) 文部科学省 (2012), 文部科学省 Web 資料 : 放射線量等分布マップ 拡大サイト. <http://ramap.jaea.go.jp/map/>
- (10) 大橋洋二・谷山奈緒美・長嶋恵里子 (2013) 原木シイタケ栽培における放射性セシウムの影響について. *関東森林研究* : **64** (2), pp.73-76
- (11) BAN-NAI, T., MURAMATSU, T. and YOSHIDA, S. (2004) Concentrations of ^{137}Cs and ^{40}K in mushrooms consumed in Japan and radiation dose as a result of their dietary intake. *J. Radiat. Res.* : **45**, pp.325-332